



**RANCANG BANGUN *SELF BALANCING ROBOT* MENGGUNAKAN
SISTEM KENDALI PID DAN KALMAN FILTER**

LAPORAN PROYEK AKHIR

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya**



Oleh

DHIA MAULANA RIYANTO

NIM.16507134032

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA DAN
INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2019

LEMBAR PERSETUJUAN
PROYEK AKHIR
RANCANG BANGUN *SELF BALANCING ROBOT* MENGGUNAKAN SISTEM
KENDALI PID DAN KALMAN FILTER

Oleh:

Dhia Maulana Riyanto

16507134032

Telah diperiksa dan disetujui Pembimbing

Untuk diuji

Menyetujui/ Mengesahkan :

Yogyakarta, 9 Desember 2019

Menyetujui,

Kaprodi Teknik Elektronika

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Drs. Sri Waluyanti, M.Pd.

NIP. 19581218 198603 2 001



Suprpto, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19750710 200501 1 002

SELF BALANCING ROBOT MENGGUNAKAN SISTEM KENDALI PID DAN KALMAN FILTER

Nama :Dhia Maulana Riyanto

NIM :16507134032

ABSTRAK

Sistem kendali terbuka memakai konstanta kontrol PI/PD/ID tidak akan dapat memberikan efek stabilitas untuk *self balancing robot*. *Self balancing robot* adalah robot beroda dua yang keseimbangan vertikalnya atau supaya dapat berjalan dan diam dengan tegal lurus harus dikendalikan menggunakan sistem kendali tertutup PID dan Kalman filter. Sistem kendali tertutup yang digunakan adalah kontrol PID, yang akan menggabungkan beberapa elemen, yaitu proporsional, integral, dan derivatif. Proyek akhir ini bertujuan untuk membangun robot keseimbangan dan mengetahui unjuk kerjanya.

Metode yang digunakan pada proyek akhir ini adalah identifikasi kebutuhan, perancangan dan pembuatan sistem, dan pengujian robot. Rancangan *self balancing robot* ini menggunakan mikrokontroler Arduino mega 2560 dan modul sensor MPU6050. Unjuk kerjanya, robot akan mempertahankan keseimbangannya saat sudut yang dibaca oleh sensor tidak sama dengan 0° .

Hasil pengujian *self balancing robot* pengaturan nilai awal untuk $K_p = 30$, nilai $K_i = 10$, dan $K_d = 0.675$. Pengaturan kontrol PID ini akan membuat robot seimbang pada titik 0° . Untuk mengatur kestabilan lebih di saat robot mengalami dorongan/guncangan ataupun dataran yang tidak rata dapat diatur $K_{p_{speed}} = 15$, dan $K_{i_{speed}} = 0.125$. Kegunaan dari $K_{p_{speed}}$ dan $K_{i_{speed}}$ adalah untuk mengatur kecepatan motor ke keadaan stabil saat ada perubahan sudut yang terjadi. Kalman filter digunakan untuk mengurangi dampak *noise* akibat pengukuran yang terjadi pada robot ini dengan memakai konstanta $Q_{angle} = 0.001$, dan $Q_{gyro} = 0.01$.

Kata kunci: Kontrol PID, Kalman Filter, *Self Balancing Robot*.

SELF BALANCING ROBOT USING A PID CONTROLLER AND KALMAN FILTER

Name : Dhia Maulana Riyanto

NIM : 16507134032

ABSTRACT

Open control system using control constants of PI/PD/ID will not be able to provide stability effect for self balancing robot. The Self balancing robot is a two wheeled robot whose vertical balance or so that it can run and silence with the straight tegal should be controlled using the control system and PID and Kalman filter. The closed control system used is the PID control, which will combine several elements, namely proportional, integral, and derivative. This final project aims to build a balance robot and know its performance.

The methods used in this final project are identification of needs, design and manufacture of systems, and testing robots. This self-balancing robot design uses the mega 2560 microcontroller and the MPU6050 sensor module. The rally, the robot will retain its balance when the angle read by the sensor is not equal to 0° .

Test result self balancing robot setting initial value for $K_p = 30$, value $K_i = 10$, and $K_d = 0.675$. The control arrangement of this PID will make the robot balanced at a point of 0° . To adjust more stability when the robot has a boost/shock or uneven terrain can be set $K_{p_{\text{speed}}} = 15$, and $K_{i_{\text{speed}}} = 0.125$. The usefulness of $K_{p_{\text{speed}}}$ and $K_{i_{\text{speed}}}$ is to regulate the speed of the motor to a stable state when there are changes in angles that occur. Kalman filters are used to reduce the impact of noise due to measurements occurring in this robot by using the $Q_{\text{angle}} = 0.001$ constant, and $Q_{\text{gyro}} = 0.01$.

Key Word: Self Balancing Robot, PID Controller, and Kalman Filter

**LEMBAR PENGESAHAN
PROYEK AKHIR
RANCANG BANGUN *SELF BALANCING ROBOT* MENGGUNAKAN
SISTEM KENDALI PID DAN KALMAN FILTER**

Dipersiapkan dan Disusun oleh:

Dhia Maulana Riyanto

16507134032

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji Proyek Akhir
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Pada Tanggal 22 Januari 2020

Dan dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar

Ahli Madya Teknik

Susunan Dewan Penguji

Nama Lengkap	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Suprpto, S.Pd., M.T., Ph.D.	Ketua Penguji		21/01/2020
Dr. Ir. Fatchul Arifin, M.T.	Penguji Utama		17/01-2020
Drs. Totok Sukardiyono, M.T.	Sekretaris Penguji		21/01/2020

Yogyakarta, 22 Januari 2020

Dekan Fakultas Teknik UNY



Prof. Herman Dwi Surjono, Ph.D

NIP. 19640205 198703 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang menandatangani di bawah ini:

Nama : Dhia Maulana Riyanto

NIM : 16507134032

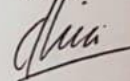
Program Studi : D3 Teknik Elektronika

Judul Proyek Akhir : *SELF BALANCING ROBOT* MENGGUNAKAN SISTEM
KENDALI PID DAN KALMAN FILTER

Menyatakan bahwa proyek akhir ini adalah hasil dari pekerjaan yang dilakukan dengan sendiri dan tidak berisi materi – materi yang telah ditulis oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian program studi di Universitas Negeri Yogyakarta, terkecuali bagian – bagian tertentu yang diambil sebagai acuan dengan mengikuti aturan penulisan karya ilmiah yang baik dan benar. Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, akan menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Klaten, 22 September 2019

Penulis



Dhia Maulana R.

MOTTO

“Ing ngarso sung tulodho, Ing madya mangun karso, Tut wuri handayani”

“Hidup bukan hanya mencari penghidupan, tetapi bagaimana caranya bisa memberi kehidupan dan jadi hidup juga mengenal dengan yang membuatmu hidup”

“Ketika kau bekerja keras dan gagal, penyesalan itu akan cepat berlalu. Berbeda dengan penyesalan ketika tidak berani mencoba” - Akihiko Usami

“Lebih baik dibenci karena menjadi dirimu sendiri, daripada dicintai karena menjadi orang lain” - Hachiman

“Manusia adalah makhluk yang perkasa, karena kita memiliki kemampuan untuk merubah diri kita sendiri” - Saitama

PERSEMBAHAN

Proyek akhir saya persembahkan kepada

*Kedua orang tua yang selalu mendampingi dan memberikan ilmu yang sangat
berarti dari kecil hingga saya dewasa saat ini*

*Nirmala Ajeng Saputri yang telah membantu menemani saya dalam perjuangan
sebagai mahasiswa dan pengerjaan tugas akhir ini dari awal*

*Seluruh dosen program studi Teknik Elektronika yang telah memberikan ilmu
pengetahuannya selama saya belajar di sini*

*Teman, sahabat, dan rekan – rekan yang telah memberikan dukungan, semangat,
dan do'a*

*Teknik Elektronika 2016 yang memberikan hangatnya kekeluargaan saat bersama
– sama menjalani aktivitas sebagai mahasiswa Fakultas Teknik*

*Universitas Negeri Yogyakarta yang telah menerima saya sebagai mahasiswa
baru tahun ajaran 2016 sehingga memberikan semangat baru dalam kehidupan
saya yang sebelumnya gagal diterima di perguruan tinggi lainnya*

Terimakasih untuk semuanya

KATA PENGANTAR

Mari ucapkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta tidak lupa mengucapkan shalawat serta salam untuk Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas proposal tugas akhir dengan baik. Penulisan proposal tugas akhir ini bertujuan sebagai bukti tanggung jawab penulis atas pelaksanaan kegiatan perkuliahan yang telah dilakukannya selama menjadi mahasiswa Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Penyusunannya tentu tidak lepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Suprpto, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Putu Sudira, M.P. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
3. Ibu Dr. Dra. Sri Waluyanti, M.Pd. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektronika.
4. Bapak Handaru Jati, Ph.D. selaku Kepala Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika.
5. Bapak Prof. Herman Dwi Surjono, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Bapak Moh. Khairudin, M.T., Ph.D. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Orang tua tercinta dan adik yang selama ini memberikan dukungan, semangat dan do'a kelancaran pengerjaan tugas akhir ini.

8. Nirmala Ajeng Saputri yang selama ini memberikan dukungan, semangat dan bantuan lainnya untuk kelancaran tugas akhir ini.
9. Dan semua orang yang telah memberikan semangat dan bantuan untuk kelancaran penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini bisa diterima dan bermanfaat bagi pembaca, serta menjadi bahan evaluasi bagi penulis maupun pihak pihak yang bersangkutan dalam laporan ini. Atas kekurangan dalam penyusunannya, penulis mengucapkan mohon maaf. Terimakasih

Klaten, 22 September 2019

Dhia Maulana R.

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Pertanyaan Penelitian	5
F. Tujuan.....	6
G. Manfaat.....	6
H. Keaslian Gagasan	7
BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH.....	10
A. Tinjauan Pustaka	10
1. Sistem Kendali.....	10
2. Proportional-Integral-Derivative (PID) Controller.....	14
3. Penyesuaian kontrol PID	24
4. Kalman Filter	26

5. Arduino Mega 2560.....	35
6. Arduino IDE	40
7. Processing IDE	42
5. Motor DC 25GA370 12V 1000RPM dengan Encoder.....	44
6. Hall Effect Sensor.....	46
7. GY-521 MPU6050	48
8. Giroskop	50
9. Akselerometer.....	52
10. TB6612-FNG Driver	54
BAB III. KONSEP RANCANGAN	56
A. Analisis Rancangan	56
1. Identifikasi Kebutuhan	56
B. Perancangan Sistem.....	59
1. Blok Input	59
2. Blok Proses	59
3. Blok Output	60
C. Langkah Pembuatan	61
1. Rancangan Kerangka.....	61
2. Rancangan Skematik	63
3. Proses Pembuatan	64
D. Algoritma Program.....	67
E. Flowchart Program.....	68
F. Spesifikasi Alat	69
G. Pengoperasian dan Pengujian Alat.....	70
BAB IV. PROSES, HASIL, DAN PEMBAHASAN	71
A. Pengujian Alat.....	71
1. Tabel Uji Kinerja	71
B. Pembahasan.....	79
1. Pembahasan Uji Kinerja	79
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	85
A. Kesimpulan.....	85

B. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali Open-Loop	11
Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kendali Closed-Loop.....	12
Gambar 3. Blok Diagram Sistem Kendali Servo	13
Gambar 4. Blok Diagram Sistem Kendali Regulator	13
Gambar 5. Blok diagram kontrol PID	14
Gambar 6. Blok Diagram Parameter Proporsional	16
Gambar 7. Blok Diagram Integral.....	18
Gambar 8. Kurva sinyal kesalahan $e(t)$ terhadap t dan kurva $u(t)$ terhadap t pada pengendali kesalahan nol	19
Gambar 9. Perubahan keluaran akibat penguatan dan pelemahan	19
Gambar 10. Blok diagram derivatif	21
Gambar 11. Kurva hubungan masukan dan keluaran kontrol derivatif terhadap waktu.....	23
Gambar 12. Keterikatan persamaan Kalman filter.....	35
Gambar 13. Pulse Width Modulation	39
Gambar 14. Arduino IDE Software	42
Gambar 15. Library Manager Arduino	42
Gambar 16. Processing IDE.....	44
Gambar 17. Bagian – Bagian Motor DC.....	45
Gambar 18. Pololu DC Motor Encoder.....	46
Gambar 19. Pin Motor DC Encoder.....	46
Gambar 20. Bentuk dan Simbol Hall Effect Sensor	47
Gambar 21. Girooskop	51
Gambar 22. 3 axis akselerometer	52
Gambar 23. Diagram blok sistem self balancing robot.....	59
Gambar 24. Desain rancangan self balancing robot.....	61
Gambar 25. Rancangan skematik.....	63
Gambar 26. Flowchart program self balancing robot	68

DAFTAR TABEL

Table 1. Perbandingan K_p , K_i dan K_d	15
Table 2. Pin Serial Tx dan Rx	36
Table 3. Pin Eksternal Interupsi	37
Table 4. Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	40
Tabel 5. L298N Pin	54
Tabel 6. Kebutuhan rancangan kerangka	61
Table 7. Uji kinerja MPU6050.....	71
Table 8. Uji kinerja arah sudut MPU6050	72
Table 9. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 10$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0$	74
Table 10. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 20$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0$	74
Table 11. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0$	75
Table 12. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0.5$	75
Table 13. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0.675$	76
Table 14. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$, $K_i = 10$, dan $K_d = 0.675$	76
Table 15. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 50$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0.675$	77
Table 16. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$, $K_i = 0$, dan $K_d = 1$	77
Table 17. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$; $K_{p_{speed}} = 10$, $K_i = 0$; $K_{i_{speed}} = 0.5$, dan $K_d = 1$; $K_{d_{speed}} = 0$	78
Table 18. Uji kinerja self balancing robot $K_p = 30$; $K_{p_{speed}} = 20$, $K_i = 0$; $K_{i_{speed}} = 0.5$, dan $K_d = 1$; $K_{d_{speed}} = 0$	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Pembimbing Proyek Akhir	89
Lampiran 2. Surat Keterangan Ujian Proyek Akhir.....	91
Lampiran 3. Kartu Bimbingan Proyek Akhir.....	94
Lampiran 4. Surat Keterangan Persetujuan Ujian Tugas Akhir.....	95
Lampiran 5. <i>Pinout</i> Arduino Mega 2560	96
Lampiran 6. Datasheet MPU6050.....	97
Lampiran 7. Datasheet TB6612FNG	98
Lampiran 8. Datasheet Motor DC Encoder.....	99
Lampiran 9. Pemrograman <i>Self Balancing Robot</i>	100

